

EXPRESS MAIL CERTIFICATE

#2/ Priority
4/5/02
C. McKinney
Date 2/8/02 Label No. 2767723509US

I hereby certify that, on the date indicated above, this paper or fee was deposited with the U.S. Postal Service & that it was addressed for delivery to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, DC 20231 by "Express Mail Post Office to Addressee" service.

PLEASE CHARGE ANY DEFICIENCY UP TO \$300.00 OR CREDIT ANY EXCESS IN THE FEES DUE WITH THIS DOCUMENT TO OUR DEPOSIT ACCOUNT NO. 04-0100

D B Peck
Name (Print)

[Signature]
Signature

Customer No.:



07278

PATENT TRADEMARK OFFICE

Docket No.: 6920/OK272

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Katsuhiko HIRABAYASHI; Chikara AMANO

Serial No.: NOT YET ASSIGNED

Art Unit:

Confirmation No.:

Filed: CONCURRENTLY HEREWITH Examiner:

For: WAVEGUIDE-TYPE OPTICAL DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, DC 20231

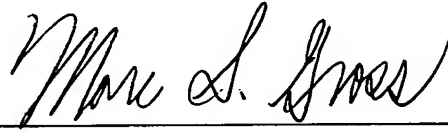
Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. Section 119 based on Japan application Nos. 2001-038802 filed February 15, 2001 and 2001-254381 filed August 24, 2001.

1c821 U.S. PTO
10/072031
02/08/02

A certified copy of the priority document is submitted herewith.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Marc S. Gross", is written over a horizontal line.

Dated: February 7, 2002

Marc S. Gross
Reg. No. 19,614
Attorney for Applicant(s)

DARBY & DARBY P.C.
805 Third Avenue
New York, New York 10022
212-527-7700

Docket No. 6920/OK272

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-038802

出 願 人

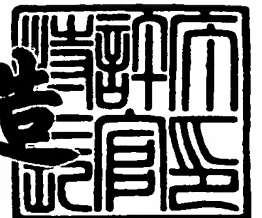
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

2001年12月21日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3109653

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH126724

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/13
G02B 6/10

【発明の名称】 導波路型光素子及びその作製方法

【請求項の数】 12

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 平林 克彦

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 天野 主税

【特許出願人】

 【識別番号】 000004226

 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100083552

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 秋田 収喜

 【電話番号】 03-3893-6221

【先の出願に基づく優先権主張】

 【出願番号】 特願2000-318189

 【出願日】 平成12年10月18日

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 014579

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701421

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 導波路型光素子及びその作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路あるいは光ファイバを固定した基板に、光通過部分を切断するように溝が形成されており、前記光導波路あるいは光ファイバごとにパターニングされた電極が、前記基板表面と前記溝の壁面に「 Γ 」状に形成されており、前記溝間に電気光学効果、熱光学効果、発光機能、受光機能、光変調機能のいずれかを有する材料もしくは素子が充填あるいは挿入されていることを特徴とする導波路型光素子。

【請求項 2】 光導波路あるいは光ファイバを固定した基板に、光通過部分を切断するように溝を形成し、前記光導波路あるいは光ファイバごとにパターニングされた電極を、前記基板表面と前記溝の壁面に「 Γ 」状に形成し、前記溝間に電気光学効果、熱光学効果、発光機能、受光機能、光変調機能のいずれかを有する材料もしくは素子を充填あるいは挿入する導波路型光素子の作製方法であって、前記電極を壁面に形成する方法は、スパッタリング法あるいは気相成長法であることを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の導波路型光素子の作製方法において、前記溝の壁面の前記電極を導波路ごとに分離するために、高分子材料を溝内に充填して、レーザービームで選択的に高分子を取り除き、その後、前記電極をエッチングして、前記溝の壁面及び当該基板表面上の電極をパターニングする、あるいはレーザービームで直接前記溝の壁面の電極をパターニングすることを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の導波路型光素子において、前記電気光学効果を有する材料が、ネマチック液晶、コレステリック-ネマチック相転移液晶、ポリマーネットワーク液晶、高分子分散型液晶、ポリマー安定化液晶、ダイナミックスクエッタリング液晶、強誘電性液晶のいずれかであり、フォトクロミック材料あるいは熱光学効果を有する材料が、高分子材料であり、前記発光機能、受光機能、変調機能のいずれかを有する素子が、面型光変調器、面型発光デバイス、面型ディテクタのいずれかであり、あるいは高分子分散型の場合には液晶の粒

子直径が $0.5 \mu\text{m}$ 以上の通常の高分子分散型あるいは液晶の粒子直径が 150 nm 以下のナノサイズドロレット液晶であることを特徴とする導波路型光素子。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の導波路型光素子の作製方法であって、前記面型光変調器、面型発光デバイス、面型ディテクタ、壁面電極のいずれかには、電極取り出し用にハンダが搭載され、前記面型光素子を前記溝に挿入して、光を通過あるいは発光させて位置合わせをした後、加熱して、ハンダで電極を接合することを特徴とした導波路型光素子の作製方法。

【請求項 6】 請求項 4 に記載の導波路型光素子の作製方法であって、液晶用の配向膜を前記溝の壁面に塗布し、前記溝内にテープを挿入してテープを一方向に引くことによってラビングし、さらにポリマー安定化液晶を充填し、磁場をかけて紫外線照射して配向処理を行うか、あるいは光配向膜に第 1 及び第 2 の偏光紫外線を照射して配向処理を行うか、あるいは配向膜にイオン照射し配向処理を行うことを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【請求項 7】 請求項 5 に記載の導波路型光素子の作製方法において、前記面型デバイスと導波路溝との接着に用いるハンダが、Au、Al、Ti、Si、Cu などを含むガラスとの接着性のよい超音波ハンダであることを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【請求項 8】 請求項 2 に記載の導波路型光素子の作製方法において、前記電極形成中、基板表面に設けた電極を通して溝の壁面間の抵抗を測定し、抵抗をモニタしながら電極を形成し、抵抗が下がり始めたら、前記電極形成を止めることを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【請求項 9】 請求項 4 に記載の導波路型光素子において、前記変調機能を有する面型光変調器が、電気光学効果を有する誘電体結晶、セラミクス、半導体のいずれかであることを特徴とする導波路型光素子。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の導波路型光素子において、前記電気光学効果を有するセラミクスが PLZT であることを特徴とする導波路型光素子。

【請求項 11】 請求項 6 に記載の導波路型光素子の作製方法において、配向処理をした後、溝の片面にラビング処理した配向膜／透明電極の付いた厚さ 10

0 μ m以下の基板を張り付け、液晶層の厚さ及び対向するラビング方向を調整することを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【請求項 1 2】 請求項 3 に記載の導波路型光素子の作製方法において、前記導波路溝の透明電極を削りとり、光が通過する部分を挟むように P L Z T 表面あるいは裏面に電極が設けられた P L Z T 基板を前記導波路溝に挿入することを特徴とする導波路型光素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバ及び光導波路に、光の強度、位相、偏波を制御する面型素子もしくは材料、あるいは受光、発光及び変調機能を有する面型素子もしくは材料を実装する構造及びその作製方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

光ファイバによる光通信は、大容量の情報を高速に伝送することができるために、最近急速に実用化されつつある。この中で光を分岐したり、合波したり、スイッチングしたり、波長ごとに分波・合波したりするため、光導波路が用いられる。光導波路は、ガラス、高分子材料などであるため、基本的にはパッシブ部品であるが、局所ヒータなどを設けることにより、熱光学効果により導波路の一部の屈折率を変化させて、位相の制御、偏波の制御を行い、スイッチ、可変減衰器、可変光フィルタなどを実現することが可能である。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、導波路の基板上にヒータを設け、ヒータと導波路コアとの距離が大きいため、ヒータの電力が大きく、多数のヒータを基板上に形成すると基板全体の温度が上がるのが問題である。

【 0 0 0 4 】

さらに、受発光機能あるいは光処理機能を有するデバイスもしくは材料を光導波路に搭載する場合、導波路の上に搭載するのが普通であった。即ち、光導波路

に半導体などのチップを搭載する場合、導波路を取り除いてその部分に半導体素子導波路表面に平行に搭載するため、導波路間の距離が長くなりロスが大きくなる。さらに、半導体レーザやディテクタなどの面型デバイスを導波路に搭載する場合には、光導波路と同一面に乗せて光を45度ミラーで曲げる構造を取る。この構造では電極の取り出し、集積には適しているが、導波路との距離が長くなり光が広がってしまうので、マイクロレンズなどの集光素子が必要であった。フィルタや波長板などのパッシブ部品を導波路内の溝に挿入する素子は、実用化されているが、アクティブな面型デバイスを挿入した場合、電極を取り出すことができないという問題があった。

【0005】

本発明の目的は、面型デバイスもしくは材料と導波路型デバイスをその特性を生かして電気実装することが可能な技術を提供することにある。

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明の概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

(1) 光導波路あるいは光ファイバを固定した基板に、光通過部分を切断するように溝が形成されており、前記光導波路あるいは光ファイバごとにパターンニングされた電極が、前記基板表面と前記溝の壁面に Γ 、 Γ 状に形成されており、前記溝間に電気光学効果、熱光学効果、発光機能、受光機能、光変調機能のいずれかを有する材料もしくは素子が充填あるいは挿入されている導波路型光素子である。

【0007】

(2) 光導波路あるいは光ファイバを固定した基板に、光通過部分を切断するように溝を形成し、前記光導波路あるいは光ファイバごとにパターンニングされた電極を、前記基板表面と前記溝の壁面に Γ 、 Γ 状に形成し、前記溝間に電気光学効果、熱光学効果、発光機能、受光機能、光変調機能のいずれかを有する材料も

しくは素子を充填あるいは挿入する導波路型光素子の作製方法であって、前記電極を壁面に形成する方法は、スパッタリング法あるいは気相成長法である。

【0008】

(3) 前記手段(2)の導波路型光素子の作製方法において、前記溝の壁面の前記電極を導波路ごとに分離するために、高分子材料を溝内に充填して、レーザービームで選択的に高分子を取り除き、その後、前記電極をエッチングして、前記溝の壁面及び当該基板表面上の電極をパターンニングするか、あるいはレーザービームで直接前記溝の壁面の電極をパターンニングする。

【0009】

(4) 前記手段(1)の導波路型光素子において、前記電気光学効果を有する材料が、ネマチック液晶、コレステリック-ネマチック相転移液晶、ポリマーネットワーク液晶、高分子分散型液晶、ポリマー安定化液晶、ダイナミックスクエッタリング液晶、強誘電性液晶のいずれかであり、フォトクロミック材料あるいは熱光学効果を有する材料が、高分子材料であり、前記発光機能、受光機能、変調機能のいずれかを有する素子が、面型光変調器、面型発光デバイス、面型ディテクタのいずれかであり、あるいは高分子分散型の場合には液晶の粒子直径が $0.5\mu\text{m}$ 以上の通常の高分子分散型あるいは液晶の粒子直径が 150nm 以下のナノサイズドロプレット液晶である。

【0010】

(5) 前記手段(4)の導波路型光素子の作製方法であって、前記面型光変調器、面型発光デバイス、面型ディテクタ、壁面電極のいずれかには、電極取り出し用にハンダが搭載され、前記面型光素子を溝に挿入して、光を通過あるいは発光させて位置合わせをした後、加熱して、ハンダで電極を接合する。

【0011】

(6) 前記手段(4)の導波路型光素子の作製方法であって、液晶用の配向膜を溝の壁面に塗布し、溝内にテープを挿入してテープを一方向に引くことによってラビングすること、さらにポリマー安定化液晶を充填し、磁場をかけて紫外線照射して配向処理を行うか、あるいは光配向膜に第1及び第2の偏光紫外線を照射して配向処理を行うか、あるいは配向膜にイオン照射し配向処理を行う。

【 0 0 1 2 】

(7) 前記手段 (5) の導波路型光素子の作製方法において、前記面型デバイスと導波路溝との接着に用いるハンダが、Au、Al、Ti、Si、Cuなどを含むガラスとの接着性のよい超音波ハンダである。

【 0 0 1 3 】

(8) 前記手段 (2) の導波路型光素子の作製方法において、前記電極形成中、基板表面に設けた電極を通して溝の壁面間の抵抗を測定し、抵抗をモニタしながら電極を形成し、抵抗が下がり始めたら、前記電極形成を止める。

【 0 0 1 4 】

(9) 前記手段 (4) の導波路型光素子において、前記変調機能を有する面型光変調器が、電気光学効果を有する誘電体結晶、セラミクス、半導体のいずれかである。

【 0 0 1 5 】

(1 0) 前記手段 (9) の導波路型光素子において、前記電気光学効果を有するセラミクスがPLZTである。

【 0 0 1 6 】

(1 1) 前記手段 (6) の導波路型光素子の作製方法において、前記配向処理をした後、溝の片面にラビング処理した配向膜／透明電極の付いた厚さ100 μ m以下の基板を張り付け、液晶層の厚さ及び対向するラビング方向を調整するものである。

【 0 0 1 7 】

(1 2) 前記手段 (3) の導波路型光素子の作製方法において、前記導波路溝の透明電極を削りとり、光が通過する部分を挟むようにPLZT表面あるいは裏面に電極が設けられたPLZT基板を前記導波路溝に挿入するものである。

【 0 0 1 8 】

すなわち、本発明のポイントは、光導波路あるいは光ファイバに垂直に溝を掘り、電極を基板表面と溝の壁面に対して Γ 状に形成して、さらに前記電極を光導波路ごとにパターンニングして、面型デバイスを挿入してあるいは材料を充填し、面型デバイスの垂直方向面上にある電極を光導波路の水平の面で取り出すこと

により、面型デバイスと光導波路を実装する構造を規定するものである。

【 0 0 1 9 】

また、その作製方法では、導波路、光ファイバに形成した溝の壁面に透明電極、あるいは金属電極を溝底面で短絡しないように形成し、光導波路ごとに独立の電圧を印加できるように壁面の前記電極をパターンニングして、電気光学効果、熱光学効果のいずれかを有する材料を挿入し、液晶などの材料を溝内に充填する場合には、溝内への配向膜の形成方法を提供し、電気光学効果、発光機能、受光機能、変調機能のいずれかを有する素子を挿入する場合には、壁面に形成された電極と半導体デバイスの電極を接続させる方法を提供するものである。

【 0 0 2 0 】

以下、本発明について、本発明による実施形態（実施例）とともに図面を参照して詳細に説明する。

なお、実施形態（実施例）を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【 0 0 2 1 】

【発明の実施の形態】

（実施例 1）

図 1 は、本発明による実施例 1 の導波路型光素子の概略構成を示す図であり、図 1 (a) は斜視図、図 1 (b) は図 1 (a) の要部の拡大図、図 1 (c) は図 1 (a) の要部の拡大断面図である。図 1 において、1-1 は光導波路基板（以下、導波路基板と呼ぶ。例えば、Si 基板あるいは石英基板上に形成されたガラス、あるいは高分子光導波路、あるいは光ファイバが固定された基板）、1-2 は光導波路コアあるいは光ファイバ心線（以下、光導波路コアと呼ぶ）、1-3 はこれらに垂直に形成された溝、1-4 は溝に挿入された面発光レーザ、面型ディテクタ、面型変調器などの面型光デバイスあるいは材料（以下、面型光デバイスと呼ぶ）、1-5 は導波路表面と壁面に「」状に形成された電極である。

【 0 0 2 2 】

本実施例 1 の導波路型光素子は、図 1 (a) ～図 1 (c) に示すように、前記光導波路（以下、導波路と呼ぶ）コア 1-2 を並べて固定した導波路基板 1-1 に垂直

に溝 1-3 が形成されており、電極 1-5 が導波路基板 1-1 の表面と溝 1-3 の壁面がつながって、 Γ 状に形成されている。前記電極 1-5 は導波路コア 1-2 ごとにパターンニングされている。その電極 1-5 は導波路コア 1-2 にかかる場合には透明電極であり、導波路コア 1-2 にかからない場合には金属電極である。通常、面型デバイスを導波路に実装する場合には、導波路上に平行に乗せ、45 度ミラーで光を取り出し、電極 1-5 は導波路面に形成して取り出す。

【 0 0 2 3 】

本実施例 1 の場合には、垂直に立った面型光デバイス 1-4 の電極 1-5 から溝 1-3 の壁面及び導波路表面に形成した Γ 状の電極 1-5 を介して取り出すことにより、垂直面の電極 1-5 を水平面の電極として取り出すことが可能となる。この溝 1-3 の中には、電気光学効果を有する材料、例えば液晶が充填されたり、熱光学効果を有する材料が充填されたり、あるいは発光、受光もしくは変調する面型半導体素子が挿入されている。

【 0 0 2 4 】

電圧、電流は Γ 状電極 1-5 の導波路表面電極を介し、溝の壁面電極を通して、前記面型光デバイス(材料及び素子) 1-4 に印加される。溝 1-3 の幅は 100 μ m 以下と狭い。このため面型デバイス 1-4 でも非常に薄いもの、例えば面発光レーザ、面型変調器、面型ディテクタなどが適している。

【 0 0 2 5 】

(実施例 2)

本発明による実施例 2 の前記図 1 の溝の壁面及び基板表面に電極を形成する方法及びこれらの電極をホット加工する方法について、図 2 ～図 4 を用いて説明する。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、本発明による実施例 2 の図 1 の溝の壁面及び基板表面に電極を形成する方法及びこれらの電極をホット加工する方法について説明するための図であり、図 2 (a) は、ダイシングソーにより導波路に溝を形成する場合を示す図、図 2 (b) は、溝側面間の抵抗を測定しながら、スパッタリングあるいは CVD 法により壁面へ電極形成する場合を示す図、図 2 (c) は、導波路内への電極の作製法及

びパターンニング方法による場合を示す図である。

【0027】

図3(a)は、図2(c)のつづきであり、溝内を高分子で埋る工程を示す図、図3(b)はレジストを塗布する工程を示す図、図3(c)はレジストを導波路パターンに沿ってホト加工する工程を示す図、図3(d)は導波路表面の電極をエッチングする工程を示す図である。

【0028】

図4(a)は前記図3(d)のつづきであり、YAGレーザによりスペース部の高分子を飛ばす工程を示す図、図4(b)は溝の壁面の透明導電膜(ITO: Indium Tin Oxide) エッチング工程を示す図、図4(c)は溝底の高分子を取り除く工程を示す図である。

【0029】

図2(a)～図4(c)において、2-1は導波路基板(Si基板あるいは石英基板上に形成されたガラスあるいは高分子導波路あるいは光ファイバが固定された基板)、2-2は導波路コアあるいは光ファイバ心線(以下、導波路コアと呼ぶ)、導波路基板あるいは光ファイバを固定した基板、2-3はダイシングマシンのブレード、2-4はダイシングによって形成された溝である。ここではダイシングによって溝2-4を形成したが、エッチングによって溝を形成してもよい。

【0030】

2-5はスパッタリングターゲット、2-6はプラズマ、2-7は絶縁性のマスク、2-8はCVDのノズル、2-9はガスの流れ、2-10は抵抗測定用のテスト、2-11は壁面及び基板表面に形成した電極、2-12は溝に埋め込まれた高分子材料、2-13はレジスト、2-14はレーザ照射器、2-15はレーザビーム、2-16はレーザによって高分子が飛ばされた穴である。

【0031】

本実施例2の電極膜2-11Aの形成には種々の方法があり、例えば、真空蒸着、スパッタリング、気層成長法(CVD)などがある。この内、真空蒸着はターゲットから導波路基板2-1まで分子が直線で飛ぶため、溝2-4内に蒸着することは困難である。スパッタリング法、CVD法は分子の回り込みがあり、溝2-

4 内に浸入し、溝 2-4 の壁面に膜が形成される。

【0032】

なお、溝 2-4 の壁面に形成されても、溝 2-4 の底では絶縁されている必要があるため、同様の溝を持つダミーの基板を絶縁性のマスク 2-7 に乗せて表面に電極膜 2-11A を形成し、抵抗を測定した(図 2(b), (c))。抵抗値が下がってきた時点で膜形成を止める方法を取った。

【0033】

次に、このように壁面に形成した電極を導波路ごとに分離する本発明による実施例 2 について説明する。

【0034】

本実施例 2 では、レーザ加工とエッチングを組み合わせた方法を取った。まず、導波路基板(Si 基板あるいは石英基板)に溝 2-4 をエッチングにより形成し、この形成された溝 2-4 に高分子材料(コールタール) 2-12 を埋める(図 3(a))。ここではコールタールを用いたが、レジストでもよい。さらにその上に通常のレジストをコートする(図 3(b))。レジストのホット加工をした後(図 3(c))、基板表面の ITO (Indium Tin Oxide) をエッチングする(図 3(d))。後工程の溝 2-4 の壁面の ITO と同じ工程でエッチングしてもよいが、通常表面に形成された ITO と前記溝 2-4 の壁面に形成された ITO では膜厚が 10 : 1 程度と異なるため、先に表面の ITO をエッチングしておく方が望ましい。次に、YAG レーザで ITO をエッチングしたい部分の高分子材料(コールタール)を飛ばした(図 4(a))。その後、ITO のエッチング液(塩化第二鉄、塩酸など)につけて、エッチングした(図 4(b))。前記溝 2-4 の底の高分子材料(コールタール) 2-12 を取り除いた状態が図 4(c)に示されている。

【0035】

本実施例 2 では、YAG レーザを用いた。YAG レーザは高分子材料に熱をかけて溶かすことによってパターニングしている。CO₂ レーザでも同様に熱を利用する。望ましいのはエキシマレーザであり、エキシマレーザを用いると、高分子材料を昇華できるし、数 10 μm の細い加工が可能となる。

【0036】

また、YAGレーザで前記溝2-4の壁面のITOを切断することも有効である。即ち、前記溝2-4内に埋め込まれたレジストを昇華するためにYAGレーザを用いるのではなく、表面のITOをパターニングした後、前記溝2-4内のレジストを除去し、YAGレーザを基板上側から前記溝2-4の壁面にかかるように照射しながらITOを切断していく。この場合、エッチングの必要がなく、さらに、パターニングは微細化が可能である。

【0037】

以上のようにレーザ加工とエッチングを組み合わせることにより、前記溝2-4の壁面の電極のパターニングが可能となった。

【0038】

(実施例3)

本発明による実施例3の前記図1の溝内において液晶を平行配向させるための配向膜の配向方法について、図5～図7を用いて説明する。

【0039】

図5は、本発明による実施例3の配向膜の配向方法を説明するための図であり、図5(a)及び図5(b)は、溝の壁面に形成された配向膜の配向方法を説明するための図であり、ラビング後、磁場をかけてポリマー安定化液晶を充填し紫外線を照射した場合の説明図である。

【0040】

図6は、本実施例3の壁面に形成された配向膜の配向方法を説明するための図であり、図6(a)及び図6(b)は、イオン照射により配向後、磁場をかけてポリマー安定化液晶を充填し紫外線を照射した場合の説明図である。

【0041】

図7は、本実施例3の壁面に形成された配向膜の配向方法を説明するための図であり、図7(a)及び図7(b)は、光配向により配向する場合の説明図である。

【0042】

図5(a)～図7(b)において、3-1は前記溝2-4内に挿入するラビング用テープ(高分子フィルム)、3-2は磁場、3-3は紫外線、3-4は紫外線照射する液晶を含んだポリマー安定化液晶、3-5は照射するイオン、3-6は前記溝2

-4 の壁面に形成された配向膜、3-7 はイオン照射によって配向処理された配向膜、3-8 は第 1 及び第 2 の偏光した紫外線、3-9 は光配向膜、3-10 は紫外線照射によって配向処理された配向膜である。

【 0 0 4 3 】

本実施例 3 の溝の壁面に形成された配向膜の配向方法を以下に説明する。

(1) 透明電極 (ITO) を壁面に形成した溝内及び基板上にポリイミドあるいはポリビニルアルコール配向膜を塗布して熱硬化させる。溝幅より数 μm 薄いラビング用テープ (高分子フィルム) 3-1 (例えばポリエステルフィルム、ポリイミドフィルム) を溝 2-4 内に入れ (図 5 (a))、一方向に引くことによって溝平行方向に配向膜にラビングをかける。通常溝の幅は $30\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ 程度であり、この幅の厚さを持つフィルムはポリエステルフィルム、ポリイミドフィルムなど市販されている。このとき、ラビングの方向は、基板に平行で液晶を挟む壁には同じ方向のラビングがかかる。

【 0 0 4 4 】

通常のディスプレイにおいては、同一方向にラビングしたガラス基板を、その方法を同じにして対向させると、プレチルト角が両基板で同じになり、ドメインが生じ均一な配向が得られない。ディスプレイではこれを避けるためラビングの方向が反平行になるように基板を対向させる。溝 2-4 に形成した膜ではそのように向きを変えることは不可能である。

【 0 0 4 5 】

そこで、図 5 (b) に示すように、配向が均一になるようにネマチック液晶に数 % の紫外線硬化樹脂 (低分子) を添加して溝 2-4 に充填し、プレチルトが付くように磁場 3-2 を印加し、この状態で紫外線 3-3 を照射してポリマーを安定化させる (本液晶をポリマー安定化液晶 3-4 と呼ぶ)。このようにすることによって液晶分子は、電圧無印加時には若干溝に対して傾き、配向膜が反平行の状態と同じになり、均一な配向を得られる。電圧を印加すると、溝 2-4 に垂直方向に液晶分子が立つ。これによって可変の位相板が実現でき、偏波を制御することが可能である。さらに蓋をするガラス基板にも配向膜を形成して、溝方向にラビングを施しておく、より均一な配向が得られる。

【 0 0 4 6 】

(2)透明電極を壁面に形成した溝 2-4 内及び基板上にポリイミドあるいはポリビニルアルコール配向膜を塗布して熱硬化させる。この基板をイオン照射装置に入れ、基板を左に傾けイオンビームを照射する(図 6(a))。照射するイオンは Ar、Kr、N₂などを用いる。その後、基板を右に傾けイオン照射する(図 6(a))。イオン照射の入射角は、溝 2-4 内にイオンビームが入るように、溝 2-4 に対して浅くしており、その入射角度によってプレチルト角がつく。このようにすることによって、ポリマー安定化液晶(液晶配向膜) 3-4 に配向処理ができる。但し溝 2-4 内で同じ方向にプレチルト角がつくので、配向は平行配向になり、(1)と同様の問題が生じる。そこで、前記(1)のようにポリマー安定化液晶に磁場 3-2 をかけて紫外線 3-3 を照射し、平行配向させる(図 6(b))。

【 0 0 4 7 】

(3)透明電極を壁面に形成した溝 2-4 の内及び基板上に光配向膜(市販品) 3-9 を塗布する(図 7(a))。光配向膜 3-9 は、通常のポリイミド配向膜に紫外線に対して活性な材料を添加した配向膜で、近年ラビングの代替え技術として液晶パネル作製にも用いられるようになっている。種々の光配向技術、材料が開発されているが、紫外線 3-3 の照射は 2 回に分けて行われ、1 回目の照射で紫外線 3-3 の偏光方向に配向膜を配向させ、2 回目の紫外線 3-3 の照射で斜めから照射して、プレチルト角を付ける方法が一般的である。

【 0 0 4 8 】

溝 2-4 内の壁面を光配向させるには、図 7(a)に示すように、①紫外線 3-3 を基板横から照射して、配向方向を決める。この際の液晶の配向方向は照射する紫外線 3-3 の偏波の方向になるので、偏光子の方向を希望の方向に設定する。次に、②第 2 の紫外線 3-3 を溝 2-4 に対して傾けて照射する。この紫外線 3-3 は、配向膜にプレチルト角を付けるものであり、入射の角度を制御することによってプレチルト角を可変できる。通常ディスプレイ用のガラス基板に光配向膜を形成する場合には、同一方向にプレチルト角を付けた基板をその方向が反平行になるように重ねて、配向方向を反平行に設定する。溝 2-4 内の配向膜の場合には、溝の左右の壁面から見ると、紫外線 3-3 は表面からと裏面から来る。左

右の壁に一括で紫外線 3-3 を角度を付けて照射することにより、プレチルトの角は左右反対となり、ちょうど反平行のラビングをかけたものと同じ状態が得られる。従って、マルチドメインが発生せず、紫外線照射によって配向処理された配向膜（均一な平行配向）3-10 が得られる図 7(b)。

【 0 0 4 9 】

前記のように形成した配向膜を持つ溝 2-4 内にネマチックあるいは強誘電性液晶を充填すると、ラビングをかけたガラス基板で挟んだサンドイッチセルと同じ配向が得られ、位相、偏波を制御することが可能となる。

【 0 0 5 0 】

(実施例 4)

図 8 は、本発明による実施例 4 の導波路型光素子の可変減衰器及び位相・偏波制御器を作製する工程を示す図である。

【 0 0 5 1 】

図 8 において、4-1 は前記実施例 2 で作製した壁面及び基板表面に形成した溝付き導波路基板、4-2 は充填したポリマーネットワーク液晶、4-3 はガラス基板（カバーガラス）、4-4 は前記実施例 3 で形成した配向処理した配向膜、4-5 は紫外線硬化させたポリマーネットワーク液晶、4-6 は硬化させるに用いた紫外線、4-7 はネマチック液晶、4-8 はガラス基板である。

【 0 0 5 2 】

本実施例 4 の導波路型光素子の可変減衰器は、図 8 の左側の工程に示すように、前記実施例 2 で作製した壁面 ITO 付きの導波路 4-1 の溝 2-4 内に、ポリマーネットワーク液晶（もしくはポリマー分散形液晶）4-2 を充填し、その上にガラス基板（カバーガラス）4-3 をかぶせて、紫外線 4-6 により硬化させ、ポリマーネットワーク液晶 4-5 を形成することにより作製できた。電極間に電圧を数 V 印加すると、ロスを 1 dB から 20 dB 程度まで可変できる可変光減衰器が実現できた。これによって非常に簡単に偏波無依存の可変光減衰器を実現できた。

【 0 0 5 3 】

前記ポリマーネットワーク液晶の代りに、高分子分散型液晶を用いて同様に可

変減衰器が実現できた。この場合通常高分子分散型の液晶の粒子直径は $0.5\mu\text{m}$ 以上である。高分子分散型液晶において、紫外線強度を強くすると、液晶の粒子が 150nm 以下の小さな粒子になる。この液晶をナノサイズドロブレット液晶と呼んでいるが、この液晶は電気の印加の有無に関わらず透明であり、偏波無依存で電圧を印加すると、屈折率が変化する。この液晶を誘電極付きの溝内に充填した場合には可変減衰器でなく、可変位相器が実現できる。

【 0 0 5 4 】

また、前記液晶の代わりに、ダイナミックスキャタリング液晶、コレステリックネマチック相転移液晶を充填しても同様に可変光減衰器が実現できた。

【 0 0 5 5 】

また、液晶の代わりにフォトクロミック材料を充填しても同様に光減衰器が実現できた。

【 0 0 5 6 】

本実施例 4 の導波路型光素子の位相・偏波制御器は、図 8 の右側の工程に示すように、前記実施例 2 で作製した壁面ITO付きの導波路 4-1 の溝 2-4 の壁面に配向処理した配向膜が形成され、その間にネマチック液晶 4-7 を充填する。その後ガラス基板 4-3 で蓋をする。このようにすることにより、液晶は配向膜の配向方向に配向し、電圧を印加することにより、液晶分子が溝平行配向から垂直配向に変化して、屈折率が変化する。これにより可変の波長板が形成されたことになり、偏波や位相を制御する素子可以实现できる。

【 0 0 5 7 】

(実施例 5)

ここでは、導波路に作製した電極付きの溝に、面発光レーザ、面型変調器、面型ディテクタを挿入して、面型デバイスの電極を基板表面の電極から取り出しながら、これらの面型デバイスを実装する方法について図 9 を用いて説明する。

【 0 0 5 8 】

図 9 は、本発明による実施例 5 の面型デバイスを実装する方法の工程を示す図であり、(1)は用意する壁面電極付き溝を持った導波路基板の図、(2)は面型デバイスにハンダをパターンニングして形成する(パンプ転写あるいはホトリソグラ

フィによる)説明図、(3)は裏表面にバンプを転写した図、(4)は光を通過させて位置合わせの説明図、(5)は超音波をかけながら加熱して固定する説明図である。

【 0 0 5 9 】

図9において、5-1は前記実施例2で作製した電極付き垂直溝付き導波路、5-2は壁面および表面に形成した電極、5-3は導波路、5-4は導波路に形成された溝、5-5は面発光レーザ、面型ディテクタ、面型変調器等の面型デバイス、5-6は面型デバイスの発光部、受光部、変調部等、5-7は転写バンプ、5-8は面型デバイスに搭載されたハンダ、5-9は入射光、5-10は導波路コア、5-11は出射あるいは透過光、5-12は加熱した熱、5-13は印加した超音波である。

【 0 0 6 0 】

本実施例5の面型デバイスを実装する方法の工程は、図9の(1)～(5)に示すように、

(1)前記実施例2で作製した電極付き垂直溝付き導波路(パターン電極を基板表面及び溝の壁面に形成した石英導波路)5-1を用意する。ここで、壁面に形成した電極5-2は、ITO透明電極でもよいし、光が通る部分はITO透明電極であり、それ以外は金属電極でも構わない。

【 0 0 6 1 】

(2)面型レーザ、あるいは面型変調器、あるいは面型ディテクタの電極上に厚くハンダ5-8を乗せる。ハンダ5-8はマスク蒸着してもよいし、転写バンプ5-7でもよいし、ハンダ形成後、ホトリソグラフィでパターニングしてもよいし、あるいはリフトオフ加工でもよい。ハンダはガラスとの接着性を考慮して、通常の鉛錫ハンダにZn、Sb、AlTi、Si、Cuなどを添加したガラスとの接着性のよい超音波用のハンダ(市販品)を用いるのが望ましい。

(3)裏面にも同様にハンダ5-8を搭載する。

【 0 0 6 2 】

(4)これらの面型素子を前記溝内に挿入し、光を通してアライメントして、その後加熱してハンダ5-8を壁面の電極と接続する。その際ガラスとの密着性を

上げるために、超音波 5-13 をかけて固定すると面型デバイス 5-5 とガラス溝とのコンタクトが良好となる。あるいは超音波 5-13 をかける代わりに不活性ガス中で接着を行ってもよい。さらに、密着性を上げるためには、導波路溝 5-4 の壁面に透明電極ではなく、金属電極を形成しておく、密着性が上がる。金属電極には、ハンダと同成分の金属が望ましい。

【 0 0 6 3 】

(5)このようにすることにより、面型素子の電極を壁面及び表面の「」状の電極を介して導波路の表面から取り出すことが可能であり、さらに、面型デバイス(面型素子) 5-5 は溝 5-4 内に両側から固定されるため非常に安定している。

【 0 0 6 4 】

ここでは、両側から固定する例を示したが、基板の片側のみに電極を形成し、面型デバイス(面型素子) 5-5 の表あるいは裏の片側のみに接着固定しても構わない。

【 0 0 6 5 】

(実施例 6)

前記の説明では、溝内に充填する材料として液晶を例に説明したが、液晶以外の電気光学効果あるいは熱光学効果を有する材料を充填した素子について図 10 を用いて説明する。

【 0 0 6 6 】

図 10 は、本発明による実施例 6 の熱光学効果の大きな高分子を充填した例を示す図であり、図 10(a)は前記実施例 2 で作製した電極、溝付き導波路基板の溝に熱光学効果を有する高分子材料を充填した例を示す図、図 10(b)は本実施例 6 の素子の横断面構造を示す図、図 10(c)は本実施例 6 の素子の溝面に形成された電極パターンを示す図である。図 10 において、6-1 は前記実施例 2 で作製した導波路基板、6-2 は溝に埋めた高分子材料、6-3 は溝面及び基板表面に形成した金属電極、6-4 は溝面に金属電極を橋渡して、導波路コアにかかるように形成されたヒータ透明電極、6-5 は導波路コアである。

【 0 0 6 7 】

充填する材料は、ポリイミド系、アクリル系などの高分子で $1.55 \mu\text{m}$ 帯に

において透明な材料である。通常、高分子はガラスに比べて 1 桁大きな屈折率の温度変化を示す。電極は図 1 0 (c) に示すように、基板及び溝の壁面に金属電極 6-3 が形成されており、導波路上には金属電極 6-3 は形成されておらず、壁面のコアの部分を挟むように形成されており、金属電極 6-3 を橋渡しするようにヒータ透明電極 6-4 が導波路コア 6-5 の部分に形成されている。ヒータ透明電極 6-4 は抵抗値が金属電極 6-3 より高いので、ヒータとして働く。導波路を挟む金属電極 6-3 に電流を流すと、ヒータ透明電極 6-4 の部分で発熱し、高分子の屈折率を変化させる。

【 0 0 6 8 】

従来の高分子の熱光学効果を利用したスイッチや光減衰器、可変位相器が開発されているが、導波路表面にヒータが形成されており、導波路との距離が長いいため大きな電力を必要とした。本実施例 6 の構造では、導波路コアに直接ヒータが付けられているため非常に微弱な電流で高分子の温度が上がり、大きな熱光学効果が得られる。

【 0 0 6 9 】

(実施例 7)

通常、石英導波路は Si 基板上に形成されている。しかし、Si 基板は導電性があるため、本発明のように、溝を深く形成して、電極を深く形成すると Si 基板に溝がかかり、Si 基板で導通する可能性がある。そこで、Si 基板上導波路に溝を形成した後、絶縁層を形成する方法について図 1 1 を用いて説明する。

【 0 0 7 0 】

図 1 1 は、本発明の実施例 7 の Si 基板上の導波路溝への絶縁膜の形成方法を説明するための図であり、図 1 1 (a) は Si 基板上に導波路溝を形成した断面図、図 1 1 (b) は熱酸化により Si 表面に SiO₂ を形成した断面図である。

【 0 0 7 1 】

図 1 1 (a) 及び図 1 1 (b) において、7-1 は Si 基板上に形成されたガラス導波路層、7-2 は Si 基板、7-3 は熱酸化によって形成された酸化シリコン (SiO₂) 層である。

【 0 0 7 2 】

S i 基板 7-2 上に形成されたガラス導波路層 7-1 に溝を形成した後、水蒸気雰囲気中の電気炉に基板を入れ、1100℃で熱酸化させる。S i 溝の表面には酸化シリコン(S i O₂)層 7-3 が形成されて、絶縁層となり、電極の導通という問題が解決される。本実施例 7 で作製した溝付き S i 基板導波路を用いることにより、前記実施例 2 の工程と同じ工程で溝の壁面にパターンニングした電極を形成することが可能となる。

【 0 0 7 3 】

(実施例 8)

実施例 6 では、熱光学効果を有する高分子を挿入して、位相変調器の作製方法を示したが、本実施例では、電気光学効果を有する透明セラミクスを挿入し、光減衰器を実現した例を示す。

【 0 0 7 4 】

電気光学効果を有する透明セラミクスとして、P L Z T を用いた。P L Z T はその組成によって電気光学効果、電気光散乱効果、電歪効果を示す。ここでは電気光散乱効果を持つ P L Z T 基板を用いた。P L Z T 基板を実施例 2 で作製した透明電極がパターンニングして形成された溝に挿入する。P L Z T 基板の厚さは約 100 μ m である。透明電極と P L Z T 基板の間には数 μ m の隙間ができるため、ここにはマッチングオイルを充填する。透明電極に電圧 200 V を印加すると、粒界と P L Z T 粒子の界面の屈折率差が大きくなり白濁し、光を減衰する。

【 0 0 7 5 】

すなわち、ポリマーネットワーク液晶や高分子分散型液晶で可変減衰器を作製すると、電圧無印加時には、白濁して光を散乱し電圧を印加すると透明になるのに対し、P L Z T を挿入した場合には、この反対になる。P L Z T の電気光学効果の応答速度は n s 以下であるが、本素子は容量性のため、応答速度は C R 時定数で決まり、約 100 n s であった。また光減衰特性には偏波依存性がない。このように P L Z T の電気白濁効果を用いると、本発明の透明電極付きの導波路溝に挿入するだけで、非常に高速の減衰器を実現できる。

【 0 0 7 6 】

(実施例 9)

前記実施例 3 では、ラビング、光配向などを用いて溝内の配向方向を反平行配向する方法を提供した。しかし、通常の液晶素子では、反平行配向以外のツイスト配向、スーパーツイスト配向などの配向がある。前記実施例 3 の方法では、これらの配向処理が困難である。さらに、導波路に配向処理をした場合、導波路表面から導波路コアまでの距離が数 $10\ \mu\text{m}$ と浅いので、導波路コア付近の配向が導波路蓋表面からの配向力を受けて、配向が乱される可能性がある。

【 0 0 7 7 】

すなわち、導波路溝蓋のガラス基板は導波路コア付近の液晶配向に悪い影響を与える可能性がある。さらに、前記実施例 3 の方法では、液晶の厚さは溝幅によって決定してしまう。しかし溝幅はダイシングによって $\pm 5\ \mu\text{m}$ 程度の誤差が生じるため、正確な膜厚の制御の必要なネマチック配向、スーパーネマチック配向には向いていなかった。

【 0 0 7 8 】

ここでは、配向処理した透明電極付きの薄いガラス基板を溝の片側に接着することによって、平行、反平行配向、 90 度ツイスト配向、スーパーツイスト配向を実現することを可能とし、さらにガラス基板が導波路表面から飛び出しており、配向を乱す蓋が導波路コアから遠くなるので、コア付近の液晶配向を均一にでき、さらに、スペーサを設けて張り付けることにより液晶層のギャップを正確に制御できる方法を提供する。この方法を本発明の実施例 9 とする。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 は、本実施例 9 を説明するための図である。図 1 2 において、8-1 はラビング用の布、8-2 は布表面の細い毛である。8-3 は前記実施例 3 で作製した透明電極付き溝のある光導波路あるいはファイバを固定したものであり、8-4 はその溝にラビング用の毛が入ってラビングされている様子を示している。8-5 は配向膜を溝上から見た場合の配向膜のプレチルト角の様子であり、8-6 は配向膜／透明電極が付いた薄板ガラスであり、矢符号 (→) の方向にラビング処理されている。8-7 は溝片面と薄板ガラスの間に入れ、液晶層の厚さを制御するスペーサであり、8-8 は接着剤である。8-9 は配向処理された薄板ガラスであり、8-10 は充填されたネマチック液晶である。薄板ガラス 8-9 は現在 30

μm から $100\mu\text{m}$ 程度のものが市販されており、十分実用に耐え、 $50\mu\text{m}$ 厚の物が最も使いやすい。

【0080】

図12 (a) に示すように、ラビング用布8-1の毛8-2が長いものを用意し、導波路溝内に沿ってラビング用布8-1をこすり、溝壁面にラビング処理を施す。この時溝上側から見るとプレチルトが同じ方向に付き、溝間の配向は平行配向になる。

【0081】

次に、図12 (b) に示すように、 $50\mu\text{m}$ 程度の薄板ガラスに透明電極を形成し、さらに、配向膜を形成して、矢符号(→)方向にラビング処理する。この時のラビング処理の方向は、任意に制御が可能である。図12 (c) に示すように、前記薄板ガラス8-6を溝に挿入し、図12 (d) に示すように、スペーサ8-7を介して液晶が充填される層の厚さを制御し、透明接着剤8-8を持って溝片側に接着する。図12 (e) に示すように、配向処理した薄板ガラス8-6を設置し、ネマチック液晶を充填する。この時、液晶の配向方向は対向している面が直交しているので、 90 度のツイストネマチック配向が実現できる。従って直線偏波が入射すると 90 度軸を回転することが可能となる。すなわち、TM偏波で入力したTE偏波に変換される。もちろん電圧を印加すれば、直線偏波はそのまま直線偏波で通過することになる。

【0082】

ここでは、 90 度ツイストネマチック配向を示したが、 90 度以上のスーパーツイスト配向、反平行配向も可能となる。さらに、薄板ガラスに塗布する配向膜を垂直配向とすることにより、ホメオトロピック配向など、通常の平行ガラス基板で実現できている配向は、すべて溝の中で実現できる。さらに、スペーサ8-7を挿入しているので、液晶層の膜厚を制御できるし、液晶は導波路溝用面上にも配向しているので、コア付近の液晶層の配向が乱れるということはない。

【0083】

以上、前記薄板ガラス8-6を溝に挿入することにより、任意の配向方向が可能、液晶セルギャップが調整可能となるという利点が生じる。

【 0 0 8 4 】

(実施例 1 0)

前記実施例 8 では、P L Z T 基板を溝に挿入して、溝壁面透明電極を用いて電界を光の進行方向に印加し、P L Z T の光散乱効果を利用して、光の減衰器を実現した。ここでは、導波路溝には透明電極は形成せず、P L Z T 薄板基板を挿入して、光ビームを挟むように電極を形成し、光の進行方向に対して、電界を垂直に印加して、P L Z T の電気 2 次効果（カー効果）を用いて、光の偏波、位相を制御する素子を説明する。

【 0 0 8 5 】

P L Z T は PbO 、 La_2O_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 の 4 つの酸化物を混合して焼結して形成し、 $(Pb_{1-x}La_x)(Zr_yTi_z)_{1-x}O_3$ の化学式で書かれ、通常の (x, y, z) の値が $(9/65/35)$ が最も電気光学効果が大きい材料として知られる。P L Z T は基本的に電気光学効果を持つ等方的なセラミクスであり、電気光学効果が非常に大きく、電界を印加した方向の屈折率が大きく変化するという特徴を持ち、応答速度が速く、通信波長帯で透明という長所がある。

【 0 0 8 6 】

しかし、これまで導波路にすることが困難であるため、通信用導波路型光デバイスにはあまり用いられてこなかった。しかし、P L Z T はガラスと同様に電極を付けたり、ダイシングや研磨によって種々の形に成形が可能であり、本発明のように、導波路やファイバに設けた溝内に入れることによって、その大きな電気光学効果や高速応答を導波路型、ファイバ型でも発揮することができる。

【 0 0 8 7 】

図 1 3 は、本発明による実施例 1 0 を説明するための図であり、図 1 3 (a) は P L Z T の斜視図、図 1 3 (b) は図 1 3 (a) のイ方向から見た P L Z T 電極を示す図、図 1 3 (c) は図 1 3 (a) のア方向から見た P L Z T を示す図である。図 1 3 において、9-1 は導波路あるいはファイバを固定したものに細い溝を形成したものであり、9-2 は光を挟むように形成した電極で、9-3 は電極パターンである。

【 0 0 8 8 】

本実施例 10 は、図 13 に示すように、導波路あるいはファイバを固定した板に設けた溝に、光が通過する部分を挟むように電極を形成した PLZT 基板を挿入する。ここでは表面にしか電極を形成していないが、表裏両面に形成してもよい。

【 0 0 8 9 】

PLZT 基板の表面にスリット電極を付けてその漏れ電界で屈折率を制御してもよいが、電圧が 100 V 以上と高くなるため、ここでは PLZT 平板ではなく、(ア) の方向から見た図面のように、ダイシングなどによって研削して、側面に電極を付け、より有効に光の通過部分に電界がかかり、100 V 以下の電圧で駆動できるように工夫してある。

【 0 0 9 0 】

その例を図 14 で示す。図 14 (a) は挿入する PLZT 基板表面を示した図であり、10-1 は PLZT 基板である。図 14 (b) は図 14 (a) のアの方向下側断面を見た図であり、10-2 は光を通過する部分の PLZT 部分であり、ほぼ 50 μ m の高さを持ち幅は 30 μ m から 50 μ m である。10-3 はダイシングなどによって側面を落とした部分であり、10-4 は 10-2 の PLZT 光通過部分の側面に形成された電極で、10-5 は反対側の電極である。図 14 (b) (c) は PLZT 基板の表面の電極を詳細に表した図面である。

【 0 0 9 1 】

図 15 (a) は PLZT 基板を裏面から見た図面、図 15 (b) は図 15 (a) のウの方向から見た図、図 15 (c) は裏面の電極形状を示す図である。図 15 において、10-6 は光が通過する窓部分、10-7 はダイシングなどによって削り取られた部分、10-8、10-9 は光通過部分 PLZT 10-6 の側面に形成された電極である。

【 0 0 9 2 】

ここで、挿入する PLZT の表面の構造は、図 10 (b) に示すように、10 μ m 直径の光が通過するための 30 μ m から 50 μ m の幅の凸を残して、側面はダイシングなどによって削り取る。そしてその側面には光の進行方向に対して垂直に電界が印加できるように壁面に沿って電極が形成されている。凸の側面に電

極を形成するのは、表面に電極を形成するよりも大幅に低電圧化が可能であるからである。裏目の形状を図 1 5 (a) から (c) に示すように、裏面にも同様のパターンの溝と電極が形成され、その際電極の方向は表面とは直交する方向に形成される。この基板を導波路あるいはファイバを固定した板に形成した溝に挿入し、4 側面の電極の中心を光が通過するようにアライメントする。

【 0 0 9 3 】

通過する光は表面の電極により、横軸方向の屈折率に変化して、横方向の位相変化を受ける。次に、基板を半分通過すると今度はこれと直交した縦軸方向に電界が印加されるため、縦軸方向の屈折率変化により縦軸方向の位相変化を受け、出力されたときには偏波の方向に依存せず、位相変化を受けることになる。

【 0 0 9 4 】

通常光導波路では、熱光学効果による位相変化を用いて、光スイッチ、分散補償器などを実現することができるが、本発明の方法を用いることにより電気光学効果により高速 1 0 n s 程度の速度で、位相を変化させることができる。

【 0 0 9 5 】

また、図には示さないが、ダイシングによって四方を削りとった P L Z T の凸の 4 つの側面に電極を形成することにより、任意の方向に任意の強度の電界を印加できるようになる。4 電極に印加する電圧の位相を調整することにより、中心にかかる電界の方向と強度を調節することにより、任意の回転軸を持つ回転波長板を実現でき、任意の偏波を直線偏波に変換することが、高速で可能になる。

【 0 0 9 6 】

以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【 0 0 9 7 】

【発明の効果】

本願において開示される発明によって得られる効果を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

本発明によれば、面型デバイスあるいは材料を導波路形デバイスに挿入し、面

型デバイス、面型材料の電極を「」状の電極を介して、導波路表面に取り出すことが可能であるので、面型デバイス・材料と導波路型デバイスをその特性を生かして電気実装できる。

【 0 0 9 8 】

また、電極が透明電極あるいは金属電極として該電極を壁面に形成する方法がスパッタリング法あるいは気相成長法を用いることにより、電極を「」状に形成することができるので、溝底面でショートしないように電極を形成することができる。

【 0 0 9 9 】

また、壁面及び表面についた電極を導波路ごとに分離するために、高分子を溝内に充填して、レーザビームで選択的に高分子を取り除き、その後、前記電極をエッチングすることにより、壁面に形成した電極をパターニングすることができる。

【 0 1 0 0 】

また、溝に充填する材料、素子を限定することにより、光の強度、位相、偏波を制御したり、光の受光・発光を制御できる素子の実現できる。

また、液晶を充填する場合には液晶の配向を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による実施例 1 の導波路型光素子の概略構成を示す図である。

【図 2】

本発明による実施例 2 の前記図 1 の溝の壁面及び基板表面に電極を形成する方法及びこれらの電極をホット加工する方法について説明するための図である。

【図 3】

図 2 の工程のつづきで、本実施例 2 の溝の壁面及び基板表面に電極を形成する方法及びこれらの電極をホット加工する方法を説明するための図である。

【図 4】

図 3 の工程のつづきで、本実施例 2 の溝の壁面及び基板表面に電極を形成する方法及びこれらの電極をホット加工する方法を説明するための図である。

【図 5】

本発明による実施例 3 の配向膜の配向方法を説明するための図である。

【図 6】

本実施例 3 の壁面に形成された配向膜の配向方法を説明するための図である。

【図 7】

本実施例 3 の壁面に形成された配向膜の配向方法を説明するための図である。

【図 8】

本発明による実施例 4 の導波路型光素子の可変減衰器及び位相・偏波制御器を作製する工程を示す図である。

【図 9】

本発明による実施例 5 の面型デバイスを実装する方法の工程を示す図である。

【図 10】

本発明による実施例 6 の熱光学効果の大きな高分子を充填した例を示す図である。

【図 11】

本発明による実施例 7 の S i 基板上導波路に溝を形成した後、絶縁層を形成する方法を説明するための図である。

【図 12】

本発明による実施例 9 を説明するための図である。

【図 13】

本発明による実施例 10 を説明するための図である。

【図 14】

本実施例 10 で挿入する P L Z T 基板の表面の形状を示した図である。

【図 15】

本実施例 10 で挿入する P L Z T 基板の裏面の形状を示した図である。

【符号の説明】

1-1 …導波路基板

1-2 …導波路コア

1-3 …垂直に形成された溝

1-4 …面型光デバイス

1-5 …電極

2-1 …導波路基板

- 2-2 …導波路コア
- 2-3 …ダイシングマシンのブレード
- 2-4 …ダイシング溝
- 2-5 …スパッタリングターゲット
- 2-6 …プラズマ
- 2-7 …絶縁性のマスク
- 2-8 …CVDのノズル
- 2-9 …ガスの流れ
- 2-10 …抵抗測定用のテスト
- 2-11 …壁面及び基板表面に形成した電極
- 2-11A …電極膜
- 2-12 …溝に埋め込まれた高分子材料
- 2-13 …レジスト
- 2-14 …レーザ照射器
- 2-15 …レーザビーム
- 2-16 …レーザによって高分子が飛ばされた穴
- 3-1 …溝内に挿入するラビング用テープ
- 3-2 …磁場
- 3-3 …紫外線
- 3-4 …ポリマー安定化液晶
- 3-5 …照射するイオン
- 3-6 …壁面に形成された配向膜
- 3-7 …イオン照射によって配向処理された配向膜
- 3-8 …第1及び第2の偏光した紫外線
- 3-9 …光配向膜
- 3-10 …紫外線照射によって配向処理された配向膜
- 4-1 …実施例2の溝付き導波路基板
- 4-2 …ポリマーネットワーク液晶
- 4-3 …ガラス基板
- 4-4 …実施例3の配向膜
- 4-5 …ポリマーネットワーク液晶
- 4-6 …紫外線
- 4-7 …ネマチック液晶
- 4-8 …ガラス基板
- 5-1 …電極付き垂直溝付き導波路
- 5-2 …電極
- 5-3 …導波路
- 5-4 …溝
- 5-5 …面型デバイス（面発光レーザ、面型ディテクタ、面型変調等）
- 5-6 …面型デバイスの発光部、受光部、変調部等
- 5-7 …転写バンブ
- 5-8 …ハンダ
- 5-9 …入射光
- 5-10 …導波路コア
- 5-11 …出射あるいは透過光
- 5-12 …加熱した熱

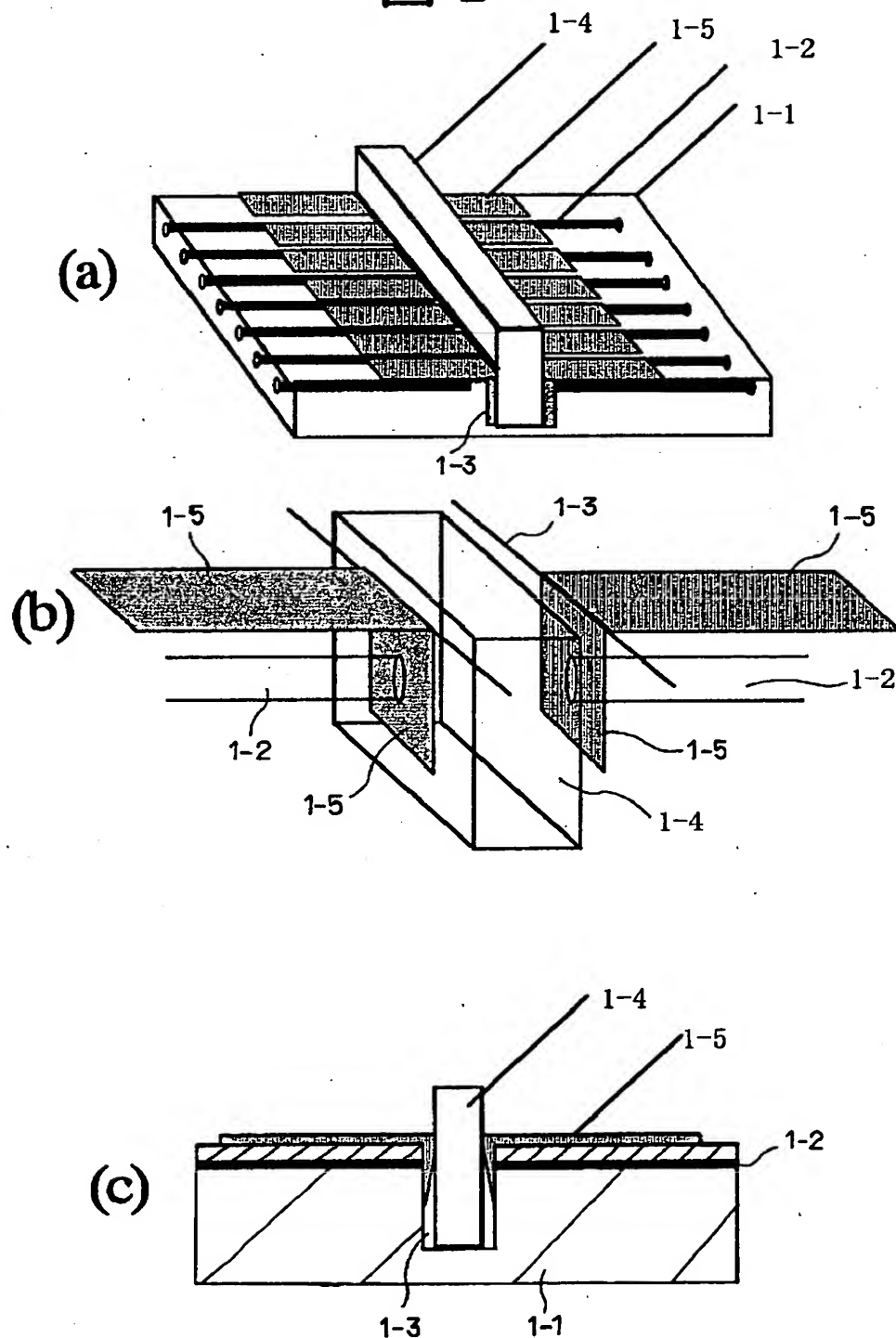
- 5-1 3 …印加した超音波
- 6-2 …溝に埋めた高分子材料
- 6-4 …ヒータ透明電極
- 7-1 …ガラス導波路層
- 7-3 …酸化シリコン層
- 8-1 …ラビング用の布
- 8-3 …透明電極付き溝のある光導波路あるいはファイバを固定した板
- 8-4 …溝にラビング用の毛が入ってラビングされている様子
- 8-5 …配向膜を溝上から見た場合の配向膜のプレチルト角の様子
- 8-6 …配向膜／透明電極が付いた薄板ガラス
- 8-7 …液晶層の厚さを制御するスペーサ
- 8-8 …接着剤
- 8-9 …配向処理された薄板ガラス
- 8-1 0 …充填されたネマチック液晶
- 9-1 …導波路あるいはファイバを固定したものに細い溝を形成したもの
- 9-2 …光を挟むように形成した電極
- 9-3 …電極のパターン
- 1 0-1 …P L Z T 基板
- 1 0-2 …光を通過する部分のP L Z T 部分
- 1 0-3 …ダイシングなどによって側面を落とした部分
- 1 0-4 …1 0-2 のP L Z T 基板の光通過部分の側面に形成された電極
- 1 0-5 …反対側の電極
- 1 0-6 …光が通過する窓部分
- 1 0-7 …ダイシングなどによって削り取られた部分
- 1 0-8, 1 0-9 …光通過部分P L Z T 基板の光通過部分の側面に形成された電極

【書類名】

図面

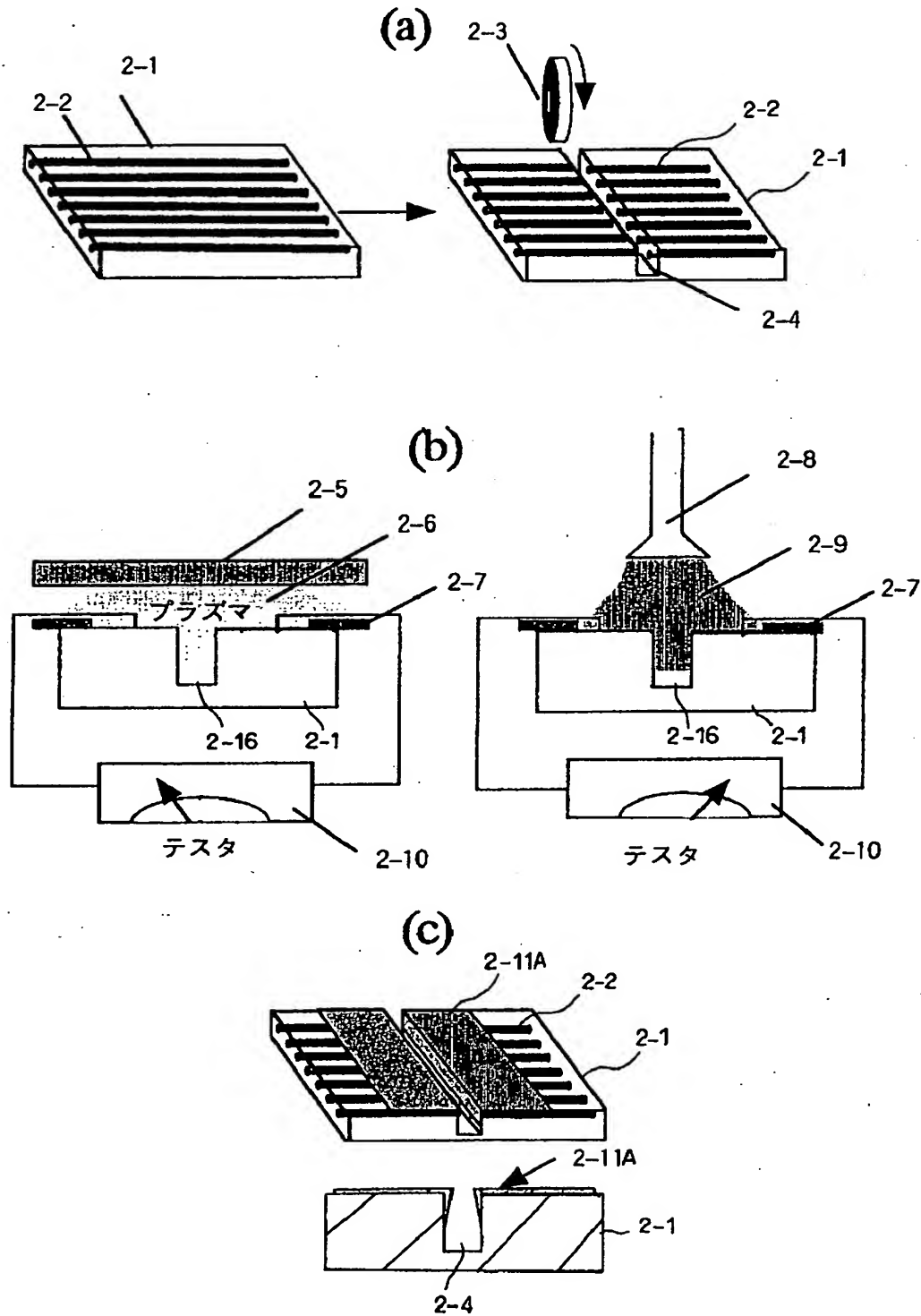
【図 1】

図 1

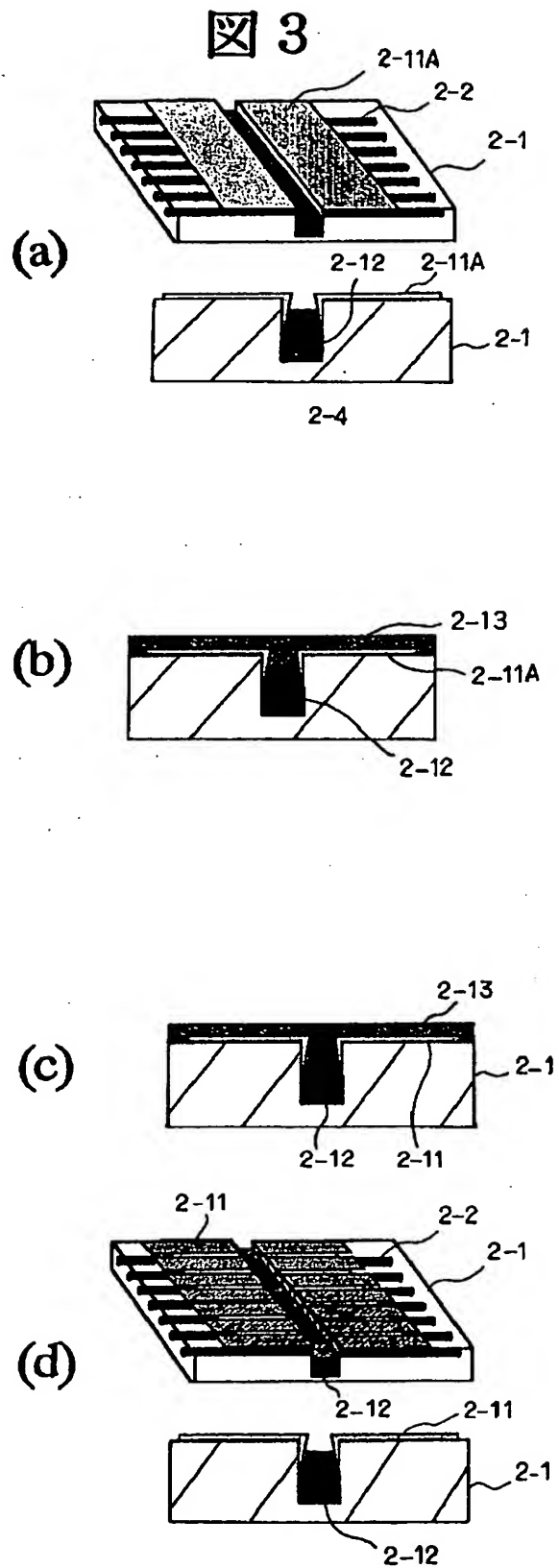


【図 2】

図 2

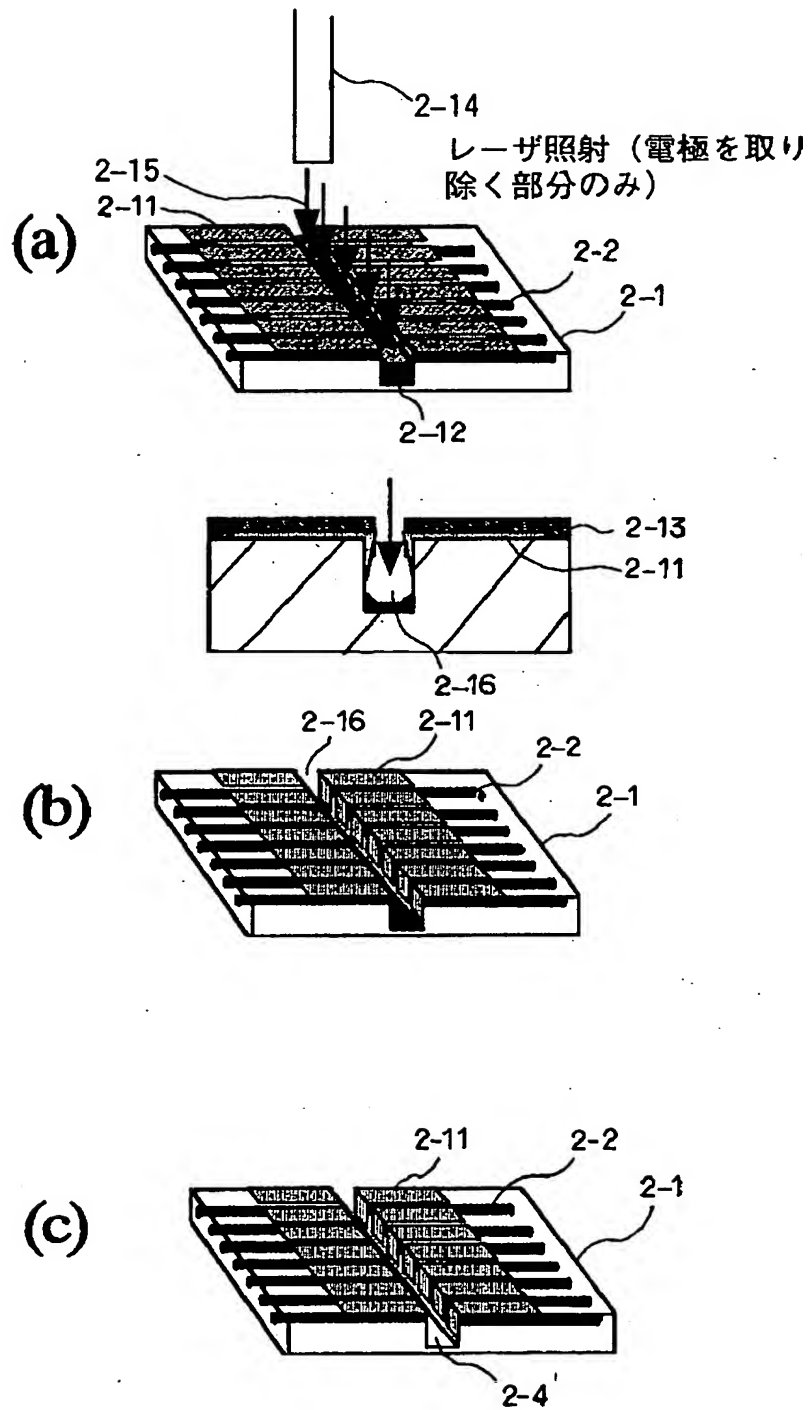


【図 3】



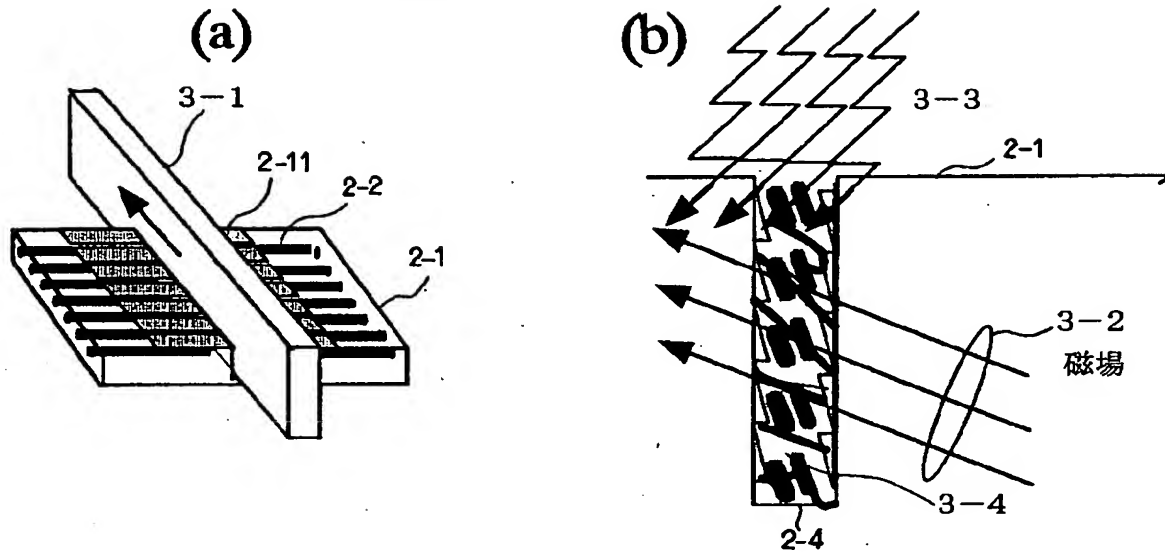
【図 4】

図 4



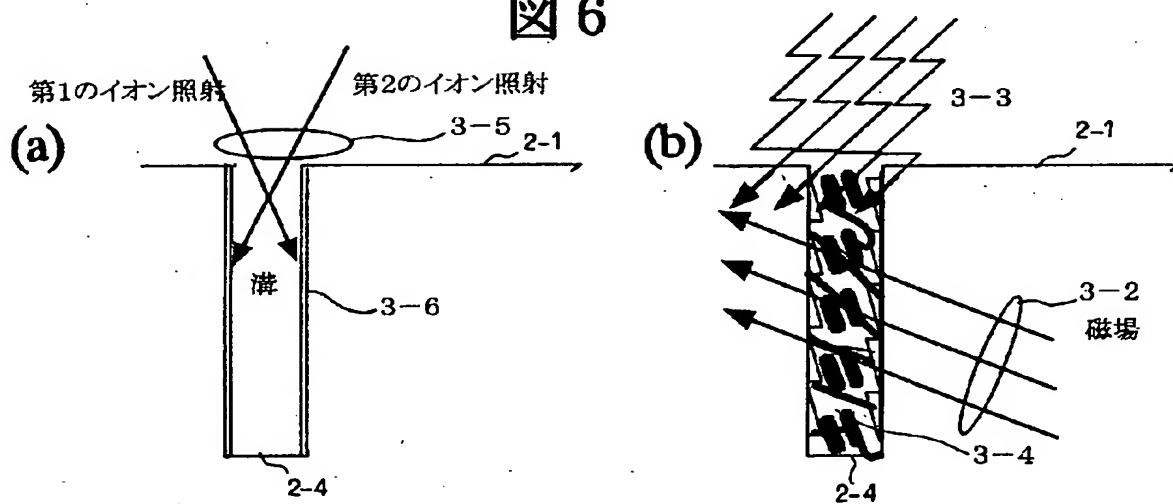
【図 5】

図 5

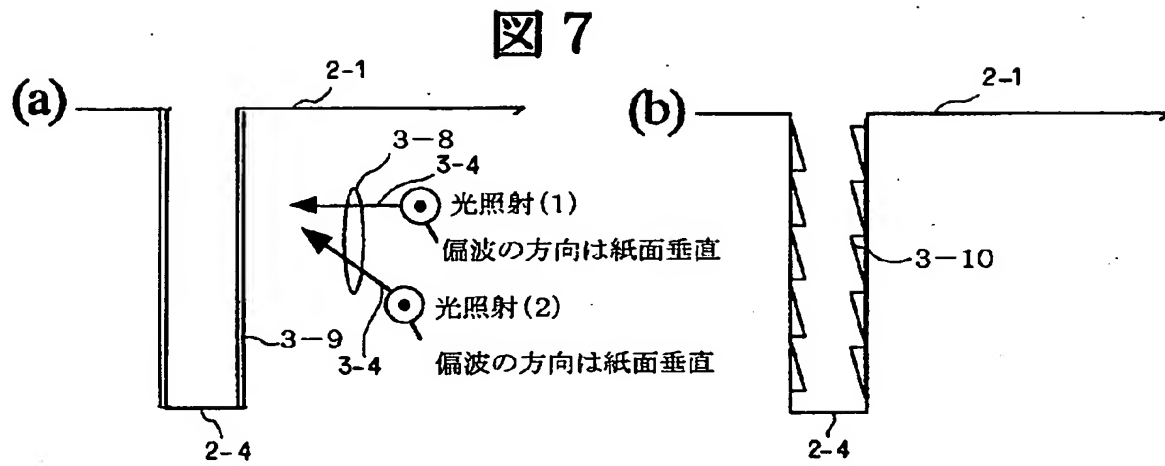


【図 6】

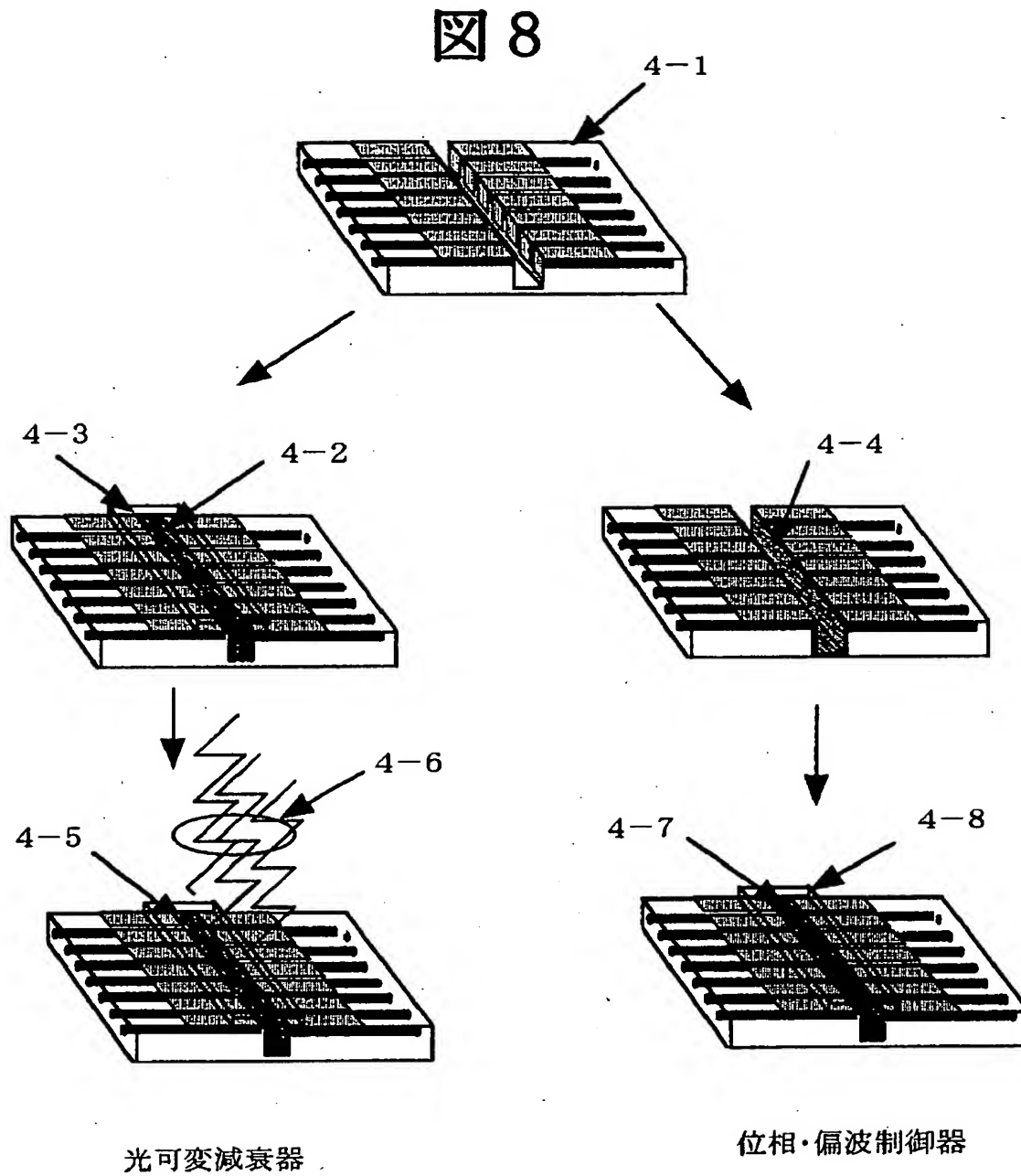
図 6



【図 7】

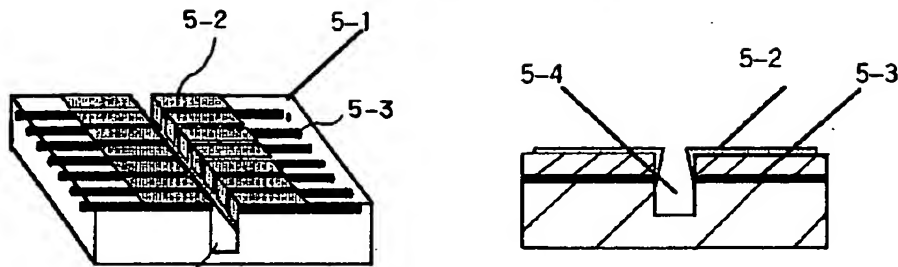


【図8】

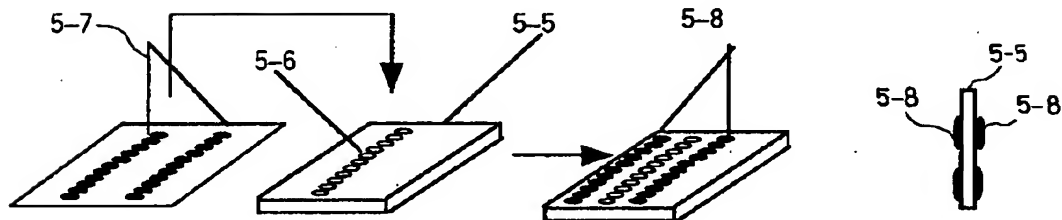


【図 9】

図 9

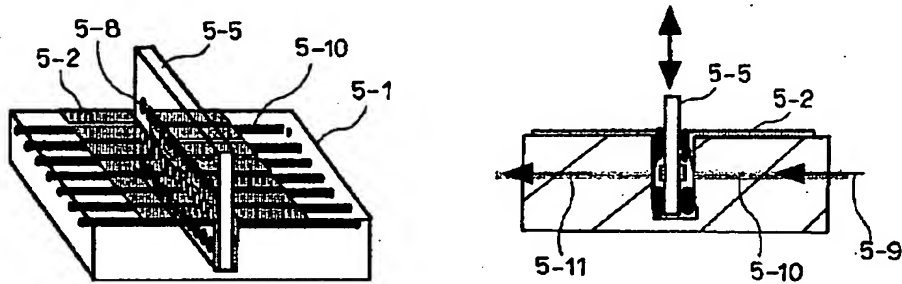


5-4 (1) 壁面電極付き溝を持った導波路基板を用意

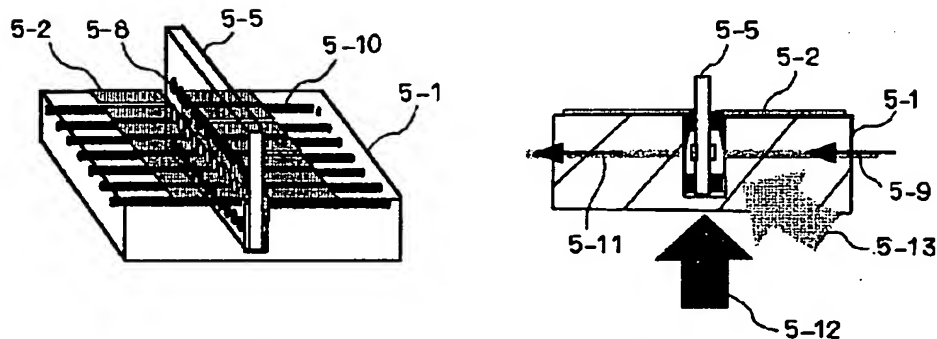


(2) 面型デバイスにハンダをパターンニングして形成
(bumps 転写あるいはホトリソグラフィ)

(3) 裏表面に bumps を転写



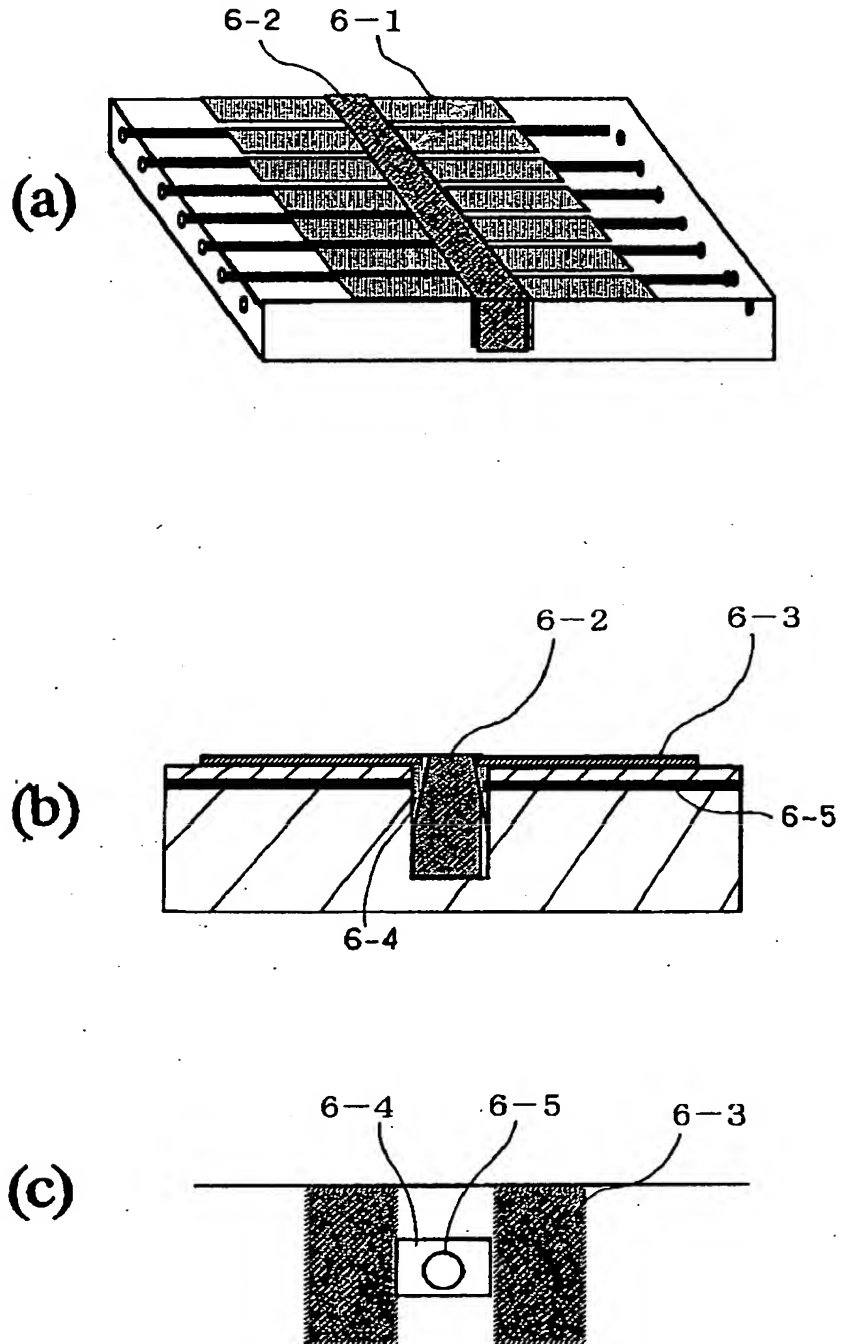
(4) 光を通過させて位置合わせ



(5) 超音波をかけながら加熱、固定

【図 10】

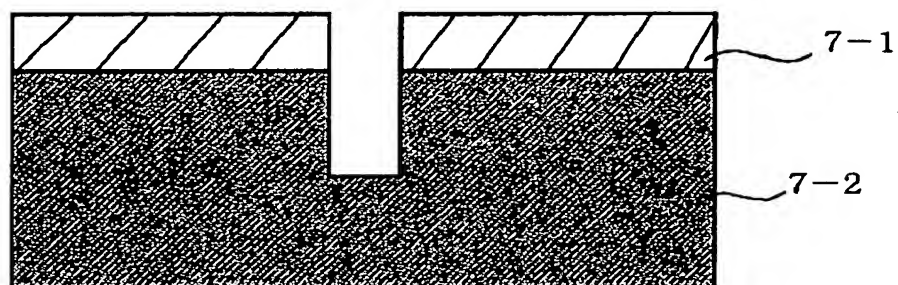
図 10



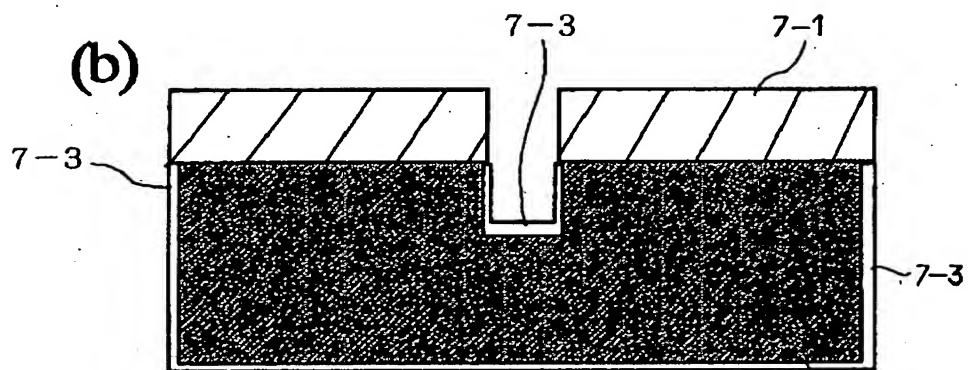
【図 11】

図 11

(a)



(b)

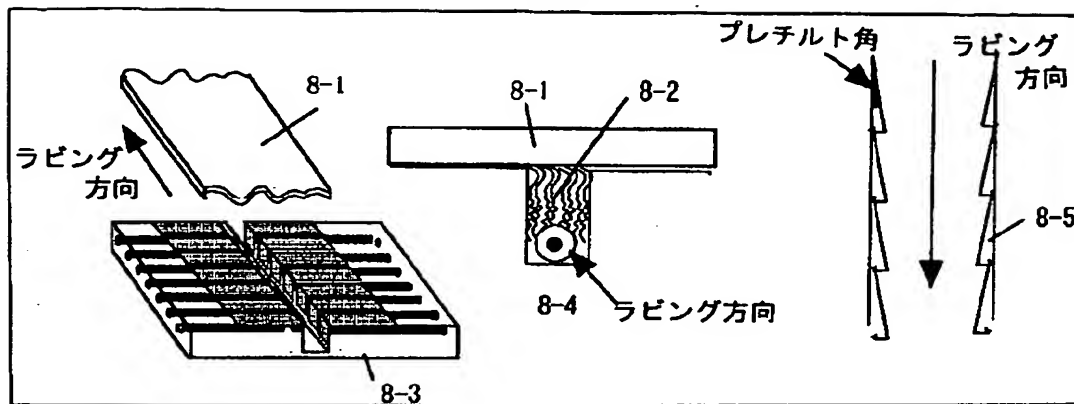


水蒸気雰囲気中1100℃で加熱 7-2

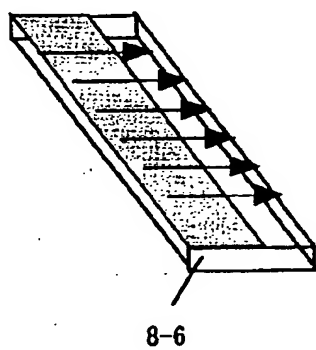
【図 12】

図 12

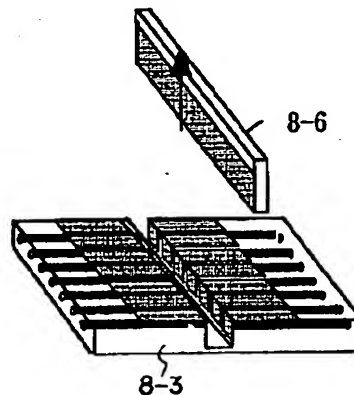
(a)



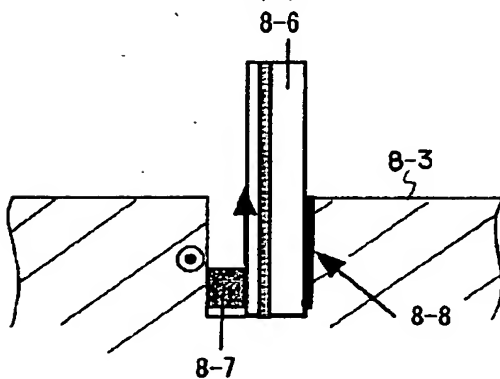
(b)



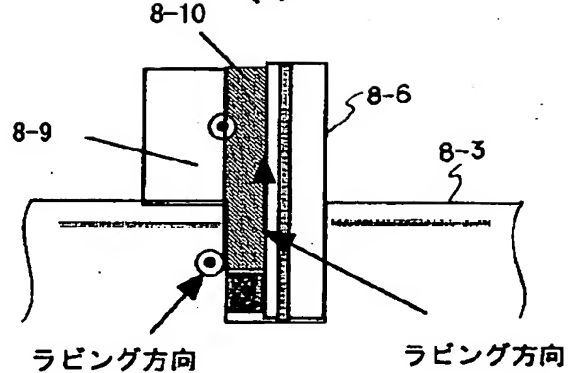
(c)



(d)

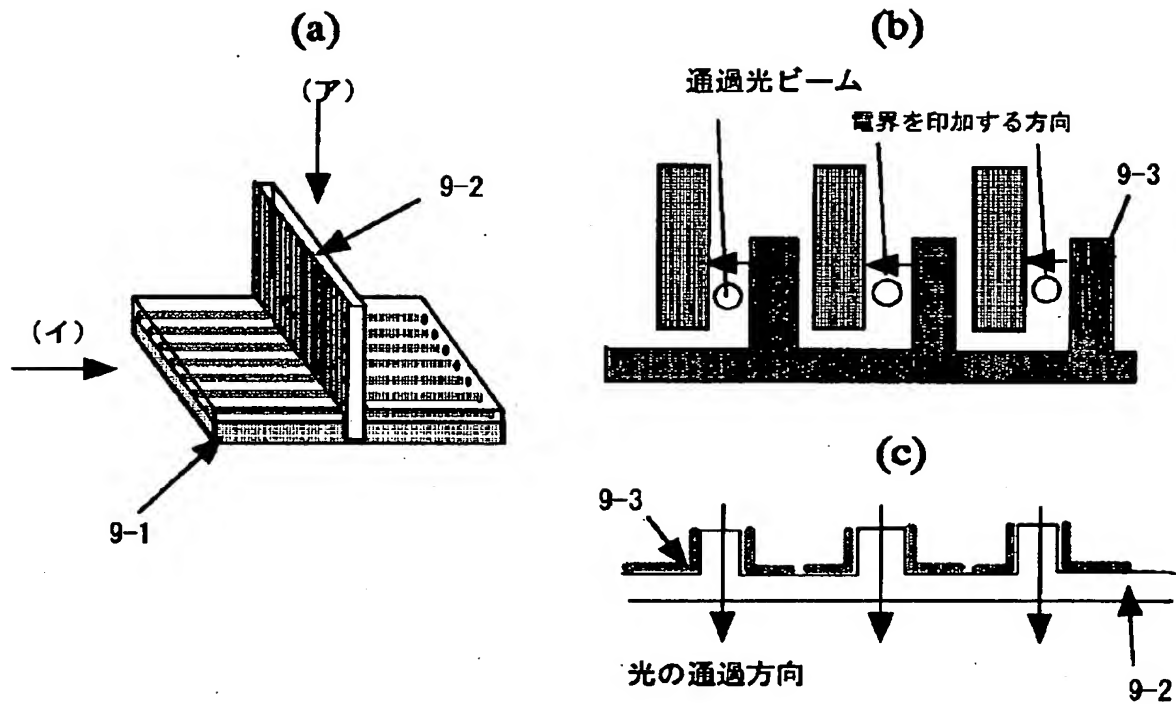


(e)



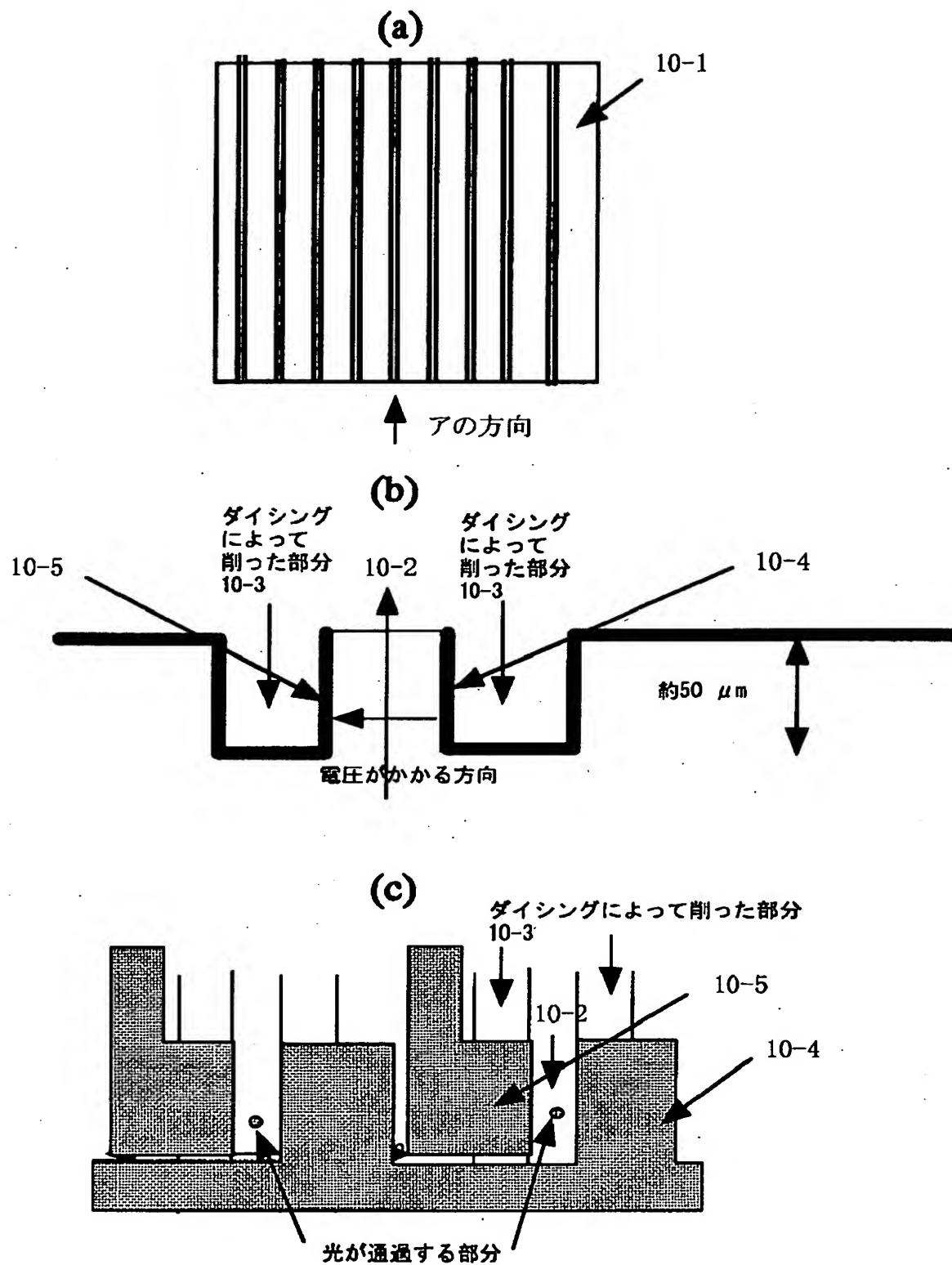
【図 13】

図 13



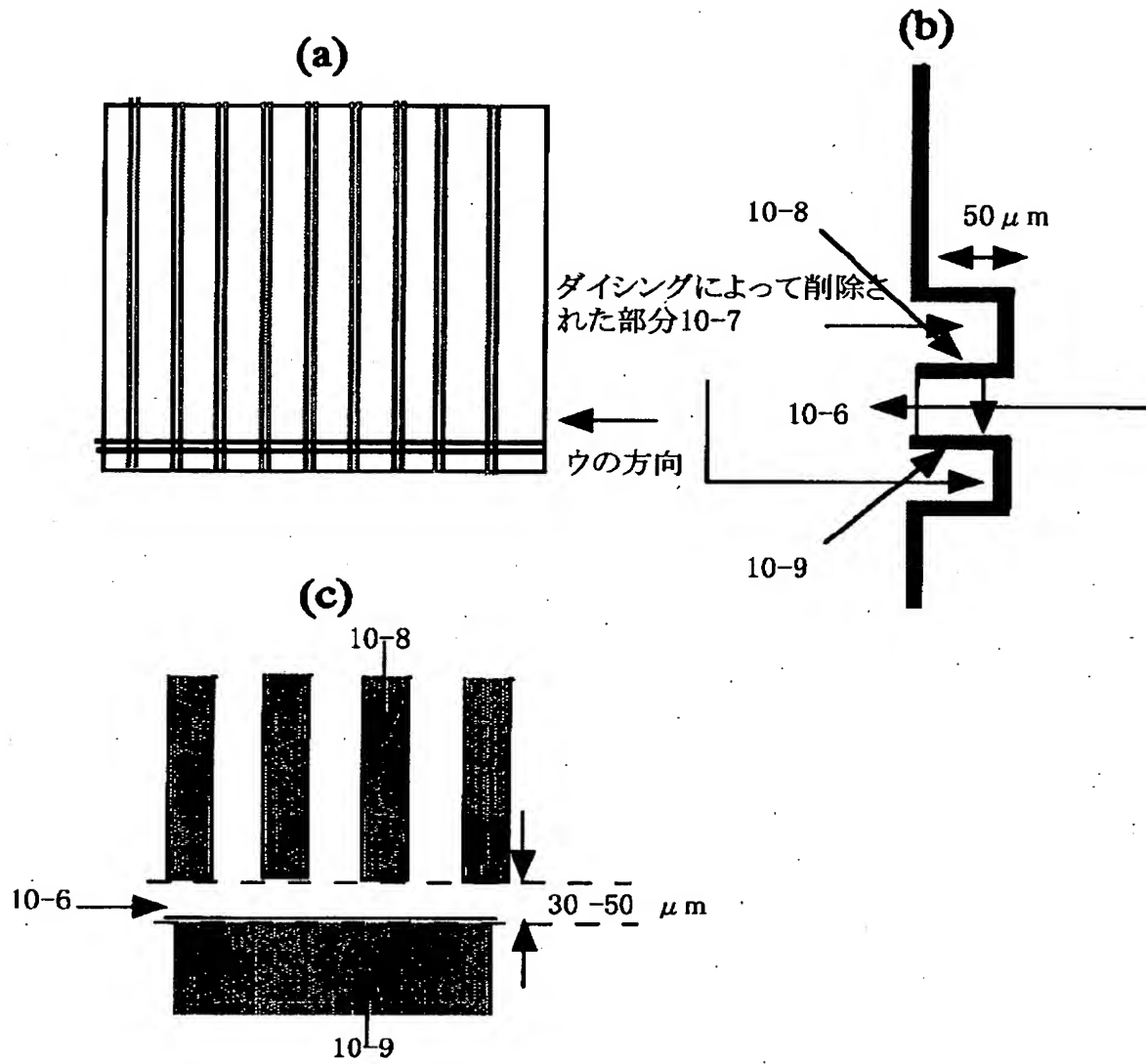
【図14】

図 1 4



【図 15】

図 15



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 面型デバイスもしくは材料と導波路型デバイスをその特性を生かして電気実装する。

【解決手段】 導波路あるいは光ファイバを固定した基板に、光通過部分を切断するように溝が形成されており、前記導波路あるいは光ファイバごとに派ターニングされた電極が、前記基板表面と前記溝の壁面に「」状に形成されており、前記溝間に電気光学効果、熱光学効果、発光機能、受光機能、光変調機能のいずれかを有する材料もしくは素子が充填あるいは挿入されている導波路型光素子である。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-038802
受付番号	50100211787
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成13年 2月21日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 2月15日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004226
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名又は名称】	日本電信電話株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100083552
【住所又は居所】	東京都北区東田端1丁目13番9号 ツインビル 田端B 2階
【氏名又は名称】	秋田 収喜

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日	1999年 7月15日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
氏 名	日本電信電話株式会社